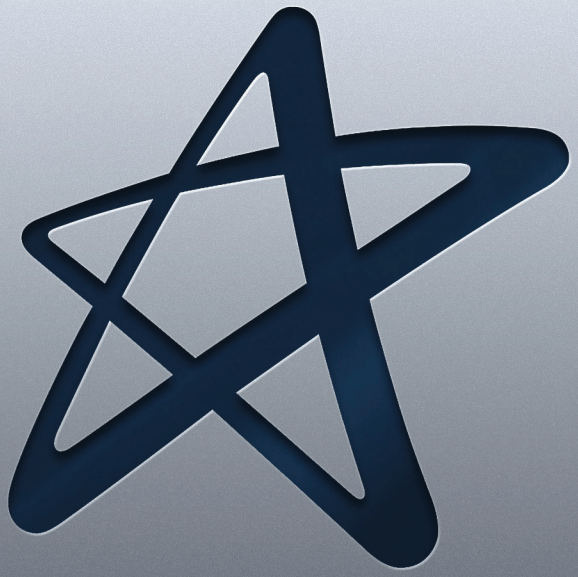
Ergonomia Aplicada ao *Design* de Interiores



Cruzeiro do Sul Virtual
Educação a distância

Material Teórico

O Organismo Humano

Responsável pelo Conteúdo:
Prof. Me. Angela Costa Diniz

Revisão Textual:
Prof. Me. Luciano Vieira Francisco

UNIDADE O Organismo Humano

- Introdução;
- O Organismo como Sistema;
- Visão;
- Audição;
- Outros Sentidos;
- Função Neuromuscular;
- Coluna Vertebral;
- Metabolismo.

OBJETIVO DE APRENDIZADO

- Conhecer as características humanas sensoriais, osteomusculares necessárias ao dimensionamento da área de trabalho.

Orientações de estudo

Para que o conteúdo desta Disciplina seja bem aproveitado e haja maior aplicabilidade na sua formação acadêmica e atuação profissional, siga algumas recomendações básicas:

Conserve seu material e local de estudos sempre organizados.
Aproveite as indicações de Material Complementar.
Procure manter contato com seus colegas e tutores para trocar ideias! Isso amplia a aprendizagem.
Determine um horário fixo para estudar.
Mantenha o foco! Evite se distrair com as redes sociais.
Seja original! Nunca plagie trabalhos.
Não se esqueça de se alimentar e de se manter hidratado.
LIVRO
NOTAS

Assim:

- ✓ Organize seus estudos de maneira que passem a fazer parte da sua rotina. Por exemplo, você poderá determinar um dia e horário fixos como seu "momento do estudo";
- ✓ Procure se alimentar e se hidratar quando for estudar; lembre-se de que uma alimentação saudável pode proporcionar melhor aproveitamento do estudo;
- ✓ No material de cada Unidade, há leituras indicadas e, entre elas, artigos científicos, livros, vídeos e *sites* para aprofundar os conhecimentos adquiridos ao longo da Unidade. Além disso, você também encontrará sugestões de conteúdo extra no item **Material Complementar**, que ampliarão sua interpretação e auxiliarão no pleno entendimento dos temas abordados;
- ✓ Após o contato com o conteúdo proposto, participe dos debates mediados em fóruns de discussão, pois irão auxiliar a verificar o quanto você absorveu de conhecimento, além de propiciar o contato com seus colegas e tutores, o que se apresenta como rico espaço de troca de ideias e de aprendizagem.

Introdução

Conheça os benefícios da boa postura no vídeo disponível em: http://bit.ly/2Uxelrz

O Organismo como Sistema

O conhecimento básico do organismo humano serve para compreender melhor as necessidades do projeto e dimensionamento do trabalho humano. Esse projeto deve considerar as principais habilidades e capacidades humanas. É certo que utilizamos padrões definidos, mas existem variações para cada indivíduo: as medidas corporais, as forças, suas resistências, as capacidades perceptivas e de processamento de informações etc. Esses padrões devem respeitar certos limites (IIDA; BUARQUE, 2016).

O funcionamento do organismo pode ser comparado com o funcionamento de uma máquina. Os órgãos seriam partes da "máquina", e todas as partes dependeriam umas das outras. Com essa visão, podemos considerar o organismo humano como um sistema composto por subsistemas, desses consideraremos o subsistema sensorial, o sistema osteomuscular e o sistema nervoso central. Todas essas partes são alimentadas de oxigênio e de nutrientes, por meio dos sistemas auxiliares compostos por glândulas, pulmões, coração e circulação (IIDA; BUARQUE, 2016).

O subsistema sensorial é a parte que capta estímulos do meio ambiente em forma de energias, percebidas pelo indivíduo por meio de olhos, ouvidos, receptores cutâneos, paladar e olfato, que captam e interpretam os sinais luminosos, sonoros, as vibrações, temperaturas, os odores, entre outros, podendo-se perceber o ambiente como uma substância química nesse inserido (IIDA; BUARQUE, 2016; GUYTON; HALL, 2008).

Figura 1
Fonte: Adaptado de Getty Images

O sistema osteomuscular executa os movimentos e é composto pelos ossos, pelas articulações, pelos músculos e tendões (IIDA; BUARQUE, 2016; GUYTON; HALL, 2008).

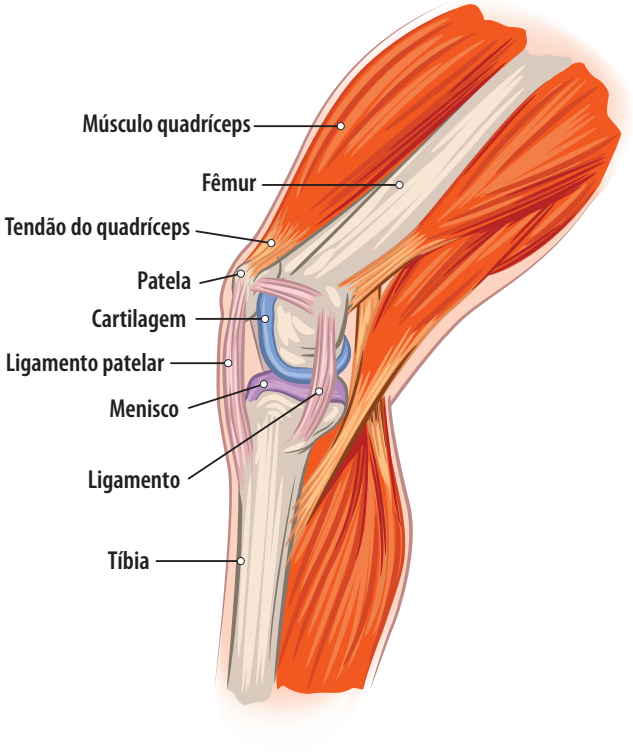


Figura 2 – Sistema osteomuscular do joelho que mostra os ligamentos, tendões e músculo
Fonte: Adaptado de Getty Images

O sistema nervoso central é constituído por células nervosas ou neurônios, representado pelo cérebro, cerebelo, tronco cerebral, medula espinhal, nervos periféricos, entre outros componentes, que são caracterizados pela excitabilidade – sensibilidade a estímulos – e condutibilidade – condução de sinais elétricos (IIDA; BUARQUE, 2016; GUYTON; HALL, 2008).

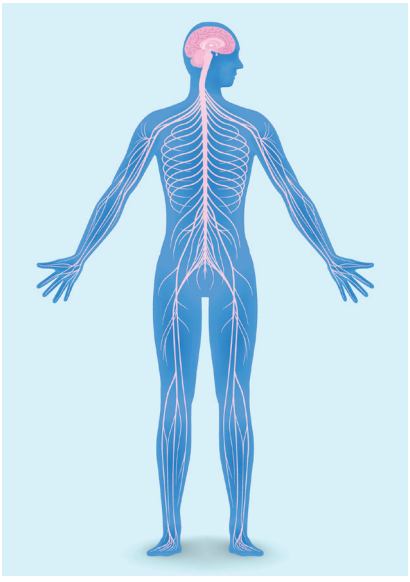


Figura 3 – Sistema nervoso
Fonte: Getty Images

Desse jeito, os estímulos são captados pelos subsistemas e conduzidos para o sistema nervoso central, onde são processados. Conforme o processamento, estímulos são enviados para os subsistemas osteomusculares em forma de movimentos do corpo (IIDA; BUARQUE, 2016; GUYTON; HALL, 2008). Mais uma vez lembramos que cada indivíduo percebe os estímulos ambientais individualmente, conforme a sua saúde física e mental e o seu desenvolvimento cognitivo.

As células nervosas ou neurônios constituem o sistema nervoso, sendo conectados por sinapses, que formam uma rede de fibras nervosas e transmitem os sinais. As células nervosas são formadas por inúmeras dendrites e um axônio, e a ligação entre essas células acontece por meio da conexão entre uma dendrite e o axônio, as sinapses, sendo essas responsáveis pela transmissão de sinais, e por isso são fundamentais para o corpo, para o processamento e a compreensão das informações do meio, além de respostas por meio dos movimentos (IIDA; BUARQUE, 2016; GUYTON; HALL, 2008).

Anatomia do neurônio

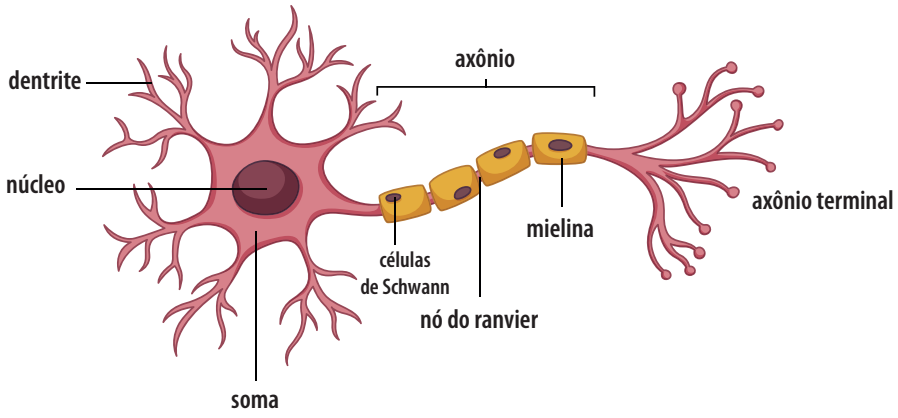


Figura 4 – Diagrama da anatomia do neurônio
Fonte: Adaptado de Getty Images

É importante que novas sinapses sejam estimuladas, com isso o ser humano sente a mente e o corpo ficarem mais dispostos. Esse sistema funciona pelas propriedades de:

- **Manutenção de sentido único:** quando as sinapses conduzem o estímulo em uma direção única, entrando pelas dendrites e saindo pelo axônio. Dessa forma, os neurônios podem receber sinais de várias outras células, mas só podem transmitir para uma única célula;
- **Velocidade de transmissão de sinais:** assemelham-se a uma corrente elétrica, esses sinais dentro da célula dependem da espessura do axônio, variando entre 12 a 120 milissegundos (ms), mas dependendo da sinapse para continuar o seu caminho, tal como uma válvula, atrasando de 0,5 a 10 ms a transmissão;
- **Excitabilidade:** que varia conforme mínimas alterações no sangue: aumentando a atividade neuronal se o teor desse for alcalino, ou diminuindo se for ácido. Podemos exemplificar com a cafeína que aumenta a excitabilidade, enquanto analgésicos a diminuem;

- **Desenvolvimento:** a estimulação repetida e prolongada pode causar alteração física da sinapse, passando a ser estimulada com mais facilidade, acredita-se que isso influi na memória e aprendizagem;
- **Efeito residual:** a repetição do estímulo de forma rápida, ou seja, um seguido ao outro, melhorando a transmissão dos sinais;
- **Fadiga:** ocorre com o uso frequente das sinapses;
- **Redes neurais:** as sinapses entre os vários neurônios formam uma rede, tal como uma teia de aranha – denominadas **ligações neurais** e podendo modificar-se continuamente, ligando e desligando a transmissão de sinais (IIDA; BUARQUE, 2016; GUYTON; HALL, 2008).

Ao compreender o modo de funcionamento das atividades neurológicas dentro do cérebro, melhoramos a compreensão dos estudos de ergonomia e das atividades feitas para determinado trabalho. Por exemplo, em uma formação de trabalhadores, a repetição de ensinamentos podem contribuir para o aprendizado; para os atletas, a repetição de movimentos faz com que se tornem mais ágeis durante as competições; a repetição dos mesmos movimentos do trabalhador ao longo do período podem causar fadiga; a variação das atividades e dos estímulos de uma pessoa estimula novas ligações neurais, mantendo o indivíduo mais disposto.

Visão

A visão é um dos sentidos mais importantes que possuímos, tanto para o trabalho como para a vida diária. O olho pode ser comparado a uma câmera fotográfica (IIDA; BUARQUE, 2016), com a função de captar imagens que serão processadas e corrigidas pelo cérebro.

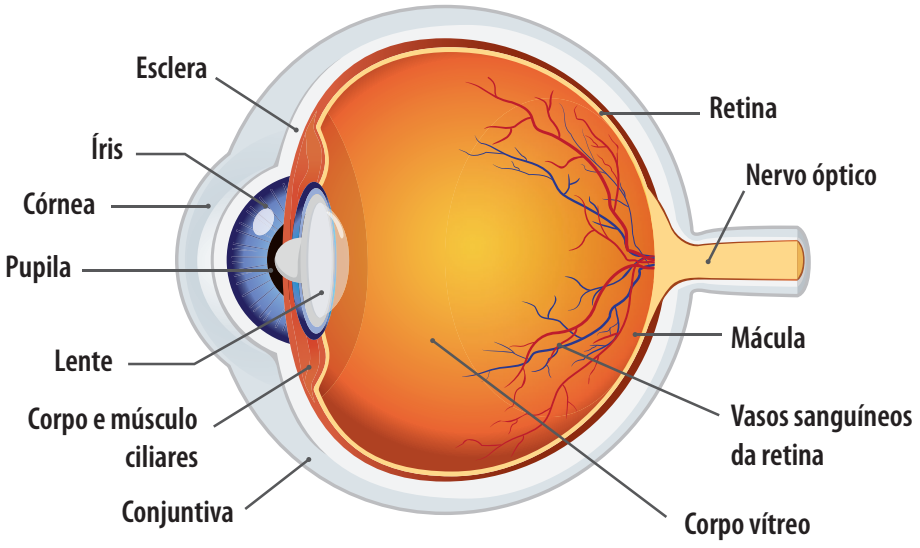


Figura 5 – Anatomia de um olho
Fonte: Adaptado de Getty Images

A percepção visual apresenta diversas características próprias, sendo as principais a acuidade visual, acomodação, convergência e percepção de cores.

A acuidade visual é a capacidade de perceber detalhes em uma imagem. Está sujeita à intensidade luminosa que pode atingir 1000 lux – unidade de medida para intensidade luminosa – e o tempo de exposição. Devido a isso, a nossa visão no escuro diminui, mas melhora após certo período de tempo (GANONG, 2010; IIDA; BUARQUE, 2016).

A acomodação possibilita que os olhos foquem objetos a várias distâncias. Objetos muito próximos causam uma curvatura do cristalino – estrutura ocular biconvexa que funciona como uma lente de uma câmera fotográfica, com o tempo pode ficar opaco, causando a catarata (GANONG, 2010; IIDA; BUARQUE, 2016).

A convergência capacita os olhos a se moverem de forma coordenada, para focalizar o mesmo objeto; a menor distância para isso ocorrer é em torno de 10 cm. Devido ao fato de os olhos estarem separados cerca de 5 cm um do outro, a imagem recebida por um difere do outro; cabendo ao cérebro integrar as imagens, dando a impressão de que a imagem recebida é tridimensional. Isso proporciona às pessoas estrábicas a possibilidade de se acostumarem a identificar a distância pelo tamanho relativo dos objetos, velocidades relativas de movimento ou diferenças na intensidade da luz (GANONG, 2010; IIDA; BUARQUE, 2016).

A acomodação e convergência ocorrem ao mesmo tempo, dependem dos músculos dos olhos, tendo a função de focalizar a imagem. Se passarmos muitas horas visualizando uma imagem, pode ocorrer uma fadiga desses músculos, assim, enxergamos imagens duplicadas (GUAYTON; HALL, 2008; IIDA; BUARQUE, 2016).

A percepção de cores dá-se pela alteração da energia luminosa em energia química. A luz é uma energia física que se propaga por ondas eletromagnéticas, atravessa as várias estruturas anteriores dos olhos e é captada pela retina, em sua região mais posterior, onde existem células fotossensíveis, denominadas cones, que transformam essa energia física em química.

As cores se revelam conforme o comprimento de onda, como a luz solar que é branca por carregar todos os comprimentos de onda visíveis. Os objetos, ao receberem a luz solar, absorvem os comprimentos de onda e somente refletem uma das quais, revelando a sua cor. As cores que vemos em um objeto são decorrentes das vibrações das ondas eletromagnéticas que estimulam as células da retina a transformarem essa energia luminosa em química para ir pelo nervo ótico até o cérebro, onde provocará uma interpretação da cor desse objeto (GUAYTON; HALL, 2008; IIDA; BUARQUE, 2016).

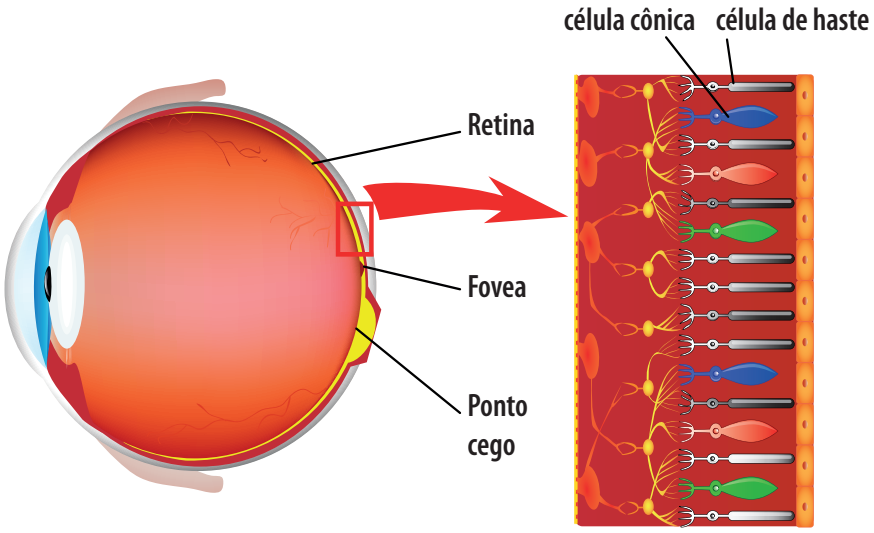


Figura 6 – Célula de fotorreceptores
Fonte: Adaptado de Getty Images

Os olhos humanos são sensíveis a radiações eletromagnéticas na faixa de 400 a 750 nanômetros, mas os olhos não possuem sensibilidade uniforme para todos os comprimentos de ondas dessa faixa – algumas cores são percebidas mais facilmente que outras. Isso depende de alguns fatores, por exemplo, uma pessoa adaptada à claridade pode ter o máximo de sensibilidade na cor amarelo-esverdeado e uma pessoa acostumada com o escuro terá maior sensibilidade com a cor azul (IIDA; BUARQUE, 2016).

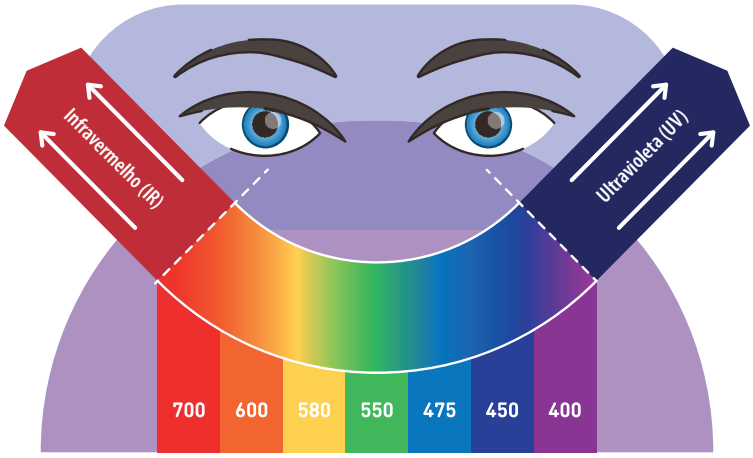


Figura 7 – Diagrama do vetor espectro visível, esquema de cores de infravermelho à escala ultravioleta de cores
Fonte: Adaptado de Getty Images

Outra característica da visão que influencia a ergonomia do posto de trabalho é a adaptação à claridade e penumbra. Os olhos se contraem ou se dilatam, regulando a quantidade de luz que penetra, sendo ajustados pelas células fotossensíveis (IIDA; BUARQUE, 2016).

Quando há mudanças repentinas da iluminação do ambiente, pode acontecer o ofuscamento – a incapacidade de os olhos se adaptarem rapidamente ao aumento brusco de iluminação. Por exemplo, a transferência de uma pessoa para um ambiente muito mais iluminado ou mesmo para o ambiente externo com a luz direta do Sol. Até mesmo, algumas luminárias podem causar o ofuscamento, o que pode ser evitado ao utilizar peças na luminária que proporcionem uma iluminação indireta, por meio da reflexão ou da difusão da luz emitida pela lâmpada.

No sentido inverso, quando se escurece repentinamente, os olhos demoram a se adaptar, sendo necessário vários minutos. Pessoas que trabalham em ambientes mal iluminados devem reservar cerca de meia hora de antecedência para a adaptação dos olhos, usando óculos escuros (IIDA; BUARQUE, 2016).

Os movimentos dos olhos possibilitam o foco e a nitidez, de modo que quanto mais o objeto se afastar do foco visual, mais perderá a nitidez. Em teoria, o ângulo visual possui 40° e dificilmente os objetos são percebidos fora desta zona (IIDA; BUARQUE, 2016).

> Os dois olhos movem-se simultaneamente, de forma coordenada, para fazer a convergência dos eixos visuais sobre o objeto fixado. [...] Por exemplo, a mudança de um ponto de fixação distante para um outro mais próximo envolve um complicado jogo de contrações musculares, que provocam contrações na pupila, acomodação do cristalino e a convergência binocular. (IIDA; BUARQUE, 2016, p. 122)

A visão normal depende de vários movimentos, podendo os mesmos serem voluntários e involuntários. O movimento voluntário ocorre pela vontade da própria pessoa na direção do objeto que deseja fixar. Logo após, acontecem os movimentos involuntários, para manter os olhos focalizados nesse objeto, preservando a nitidez da imagem do qual (IIDA; BUARQUE, 2016).

Pode parecer que os olhos se mantêm parados enquanto estão focados, mas na realidade se movimentam continuamente e aos pulos, de uma fixação para outra, denominando-se **sacádico** as pequenas oscilações para o ajuste fino. Em inspeções nas indústrias são feitas diversas fixações não contínuas dos olhos, em sucessivos *flashes* para se avaliar o prejuízo do ambiente sobre a visão (IIDA; BUARQUE, 2016).

Igualmente, pode-se verificar a capacidade de o olho perseguir objetos em movimento, observando-se o movimento executado para sincronizar os olhos com o objeto, movimentando-se este em zigue-zague ou para cima e para baixo (IIDA; BUARQUE, 2016).

Os olhos podem portar deficiências em relação à acuidade e percepção das cores. O daltonismo é um problema genético e diferenciado entre os sexos, sendo a maioria do gênero masculino. O daltonismo dificulta a execução de trabalhos com material gráfico, apesar de não haver restrições, devido à existência de várias formas de interpretar a sinalização por meio da visão, tais como as posições dos sinais verde, amarelo e vermelho do semáforo (GANONG, 2010; IIDA; BUARQUE, 2016).

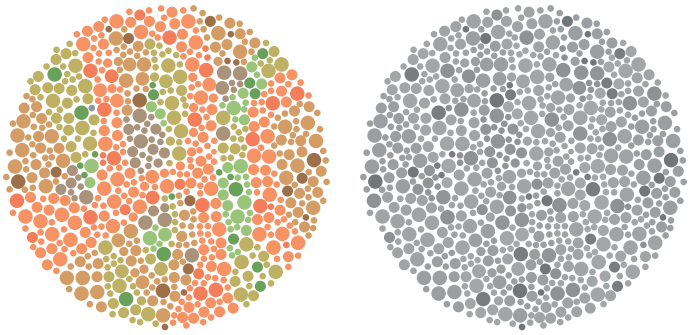


Figura 8 – Teste de daltonismo – exemplo de como a visão normal enxerga as cores no primeiro círculo e como o daltônico enxerga no segundo círculo
Fonte: Getty Images

Audição

A audição é formada pelas alterações na pressão do ar dentro do ouvido externo que faz a membrana timpânica vibrar, movimentando os ossículos no ouvido médio, os quais, por sua vez, mexem outra membrana, mais interna, resultando em alterações de um líquido no ouvido interno, essa última fase no ouvido é captada por células especiais que transmitem essa informação ao cérebro para produzir as sensações sonoras (GANONG, 2010; GAYTON; HALL, 2016).

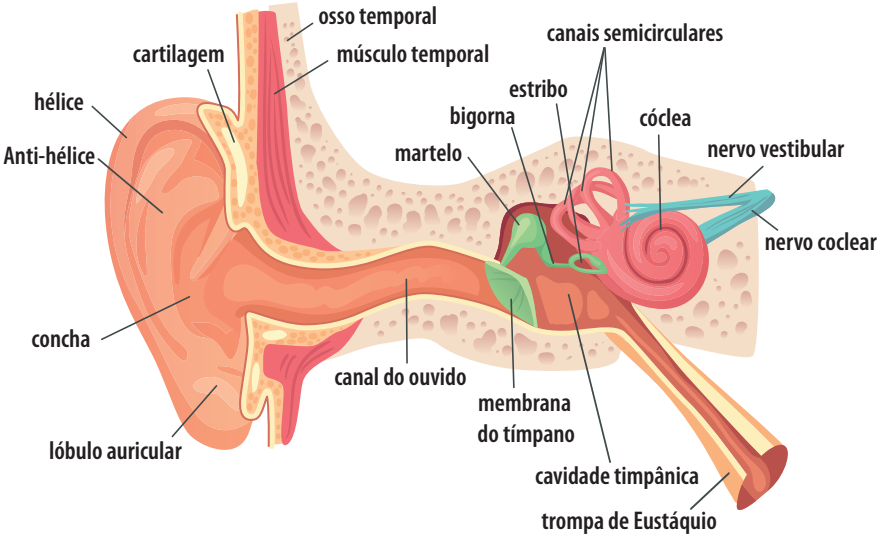


Figura 9 – Anatomia do ouvido humano
Fonte: Adaptado de Getty Images

Um som é caracterizado por três variáveis: frequência, intensidade e duração, e, estas variáveis que definem os limites da audibilidade. [...] A frequência é o número de flutuações da onda, expressa em *hertz* (Hz), e é percebido pela altura do som. O ser humano é capaz de ouvir de 20 a 20.000 Hz. Cada pessoa tem uma sensibilidade, o que pode ser alterado ao longo dos anos de vida. Os sons de baixa frequência são chamados de graves, e os sons de alta frequência de agudos. A intensidade do som depende da energia das oscilações, e é definida pela potência por unidade de área, representada por decibéis (dB). O ouvido humano é capaz de perceber de 20 a 140 dB. Normalmente encontrados no lar, no escritório e em fábricas são de 50 a 100 dB. Sons ruidosos em áreas de trabalho de longa duração devem estar abaixo de 85 dB. Sons acima de 120 dB causam desconforto, e quando passam de 140 dB tornam-se dolorosos. Já a duração do som é medida em segundos (s), sons de curta duração (0,1s) dificultam a percepção. (IIDA; BUARQUE, 2016, p. 126)

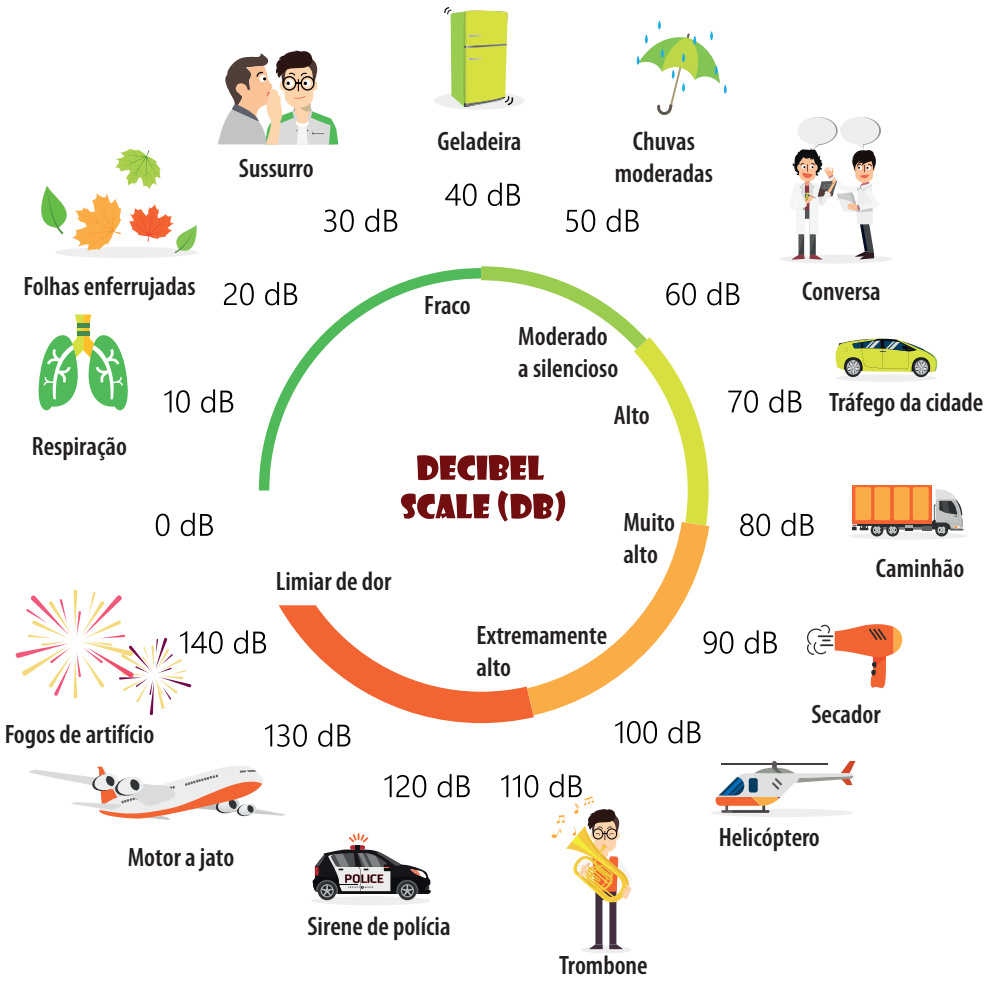


Figura 10 – Escala de decibéis em relação à audição do ouvido humano
Fonte: Adaptado de Getty Images

A voz humana atinge, em média, de 200 a 8.000 Hz, sendo a voz masculina mais grave que a voz feminina. A faixa que melhor ouvimos está entre 600 Hz a 4.000 Hz, essa faixa é utilizada para os aparelhos de comunicação, tal como o telefone (IIDA; BUARQUE, 2016).

O ruído ambiental, chamado de **mascaramento**, ao atingir mais de 8.000 Hz, prejudica a audição, por alterações no tímpano. Com o tempo, o ruído ambiental leva à acuidade auditiva diminuída, exigindo que se aumente a intensidade do som da informação para ser compreendida (GANONG, 2010; IIDA; BUARQUE, 2016).

Outros Sentidos

Mais que a título de curiosidade, compreender os sentidos abre a possibilidade de como alcançar o conforto no trabalho e até como criar novos sistemas de alertas que atinjam a todos os usuários do local. Vejamos algumas características dos sentidos no ser humano.

Muitas vezes, quando estamos com os narizes entupidos, não sentimos o paladar e os sabores das refeições. Por que isso acontece? Do ponto de vista fisiológico, olfato e paladar estão relacionados entre si. Os sensores, tanto do olfato como do paladar, são quimiorreceptores e são estimulados por moléculas em solução no muco nasal ou na saliva da boca (IIDA; BUARQUE, 2016). Por isso, o bom funcionamento de seu nariz influencia no paladar da comida e até em seu apetite.

Em ambientes de trabalho – ou até mesmo em casa – alguns odores são utilizados como sinais de alerta, indicando vazamentos de gases ou o início de um incêndio. É o caso dos botijões de gás domésticos que possuem a adição do gás enxofre que possui odor forte e incômodo suficiente para alertar os moradores sobre um eventual vazamento.

É possível se adaptar a odores desagradáveis. Isso ocorre quando se é exposto ao odor por um longo período de tempo. Tal fato explica porque pessoas que trabalham próximas a rios poluídos não se sentem incomodadas com os odores, ou mesmo aquelas que vivem próximas a locais que possuem esgotos a céu aberto. Entretanto, é perceptível a adição de um novo odor, independentemente do tempo de exposição ao primeiro (IIDA; BUARQUE, 2016).

Já o paladar é percebido no corpo pelas papilas gustativas da língua. Cada região da língua é responsável por perceber os paladares, seja doce, salgado, amargo ou ácido. O sabor é a combinação desses paladares. O paladar é bastante útil, pois os animais podem perceber alimentos estragados ou venenosos pela acidez.

Os seres humanos, por sua vez, possuem agrado pelo doce que denota a frutos maduros, que são adequados ao consumo (IIDA; BUARQUE, 2016).

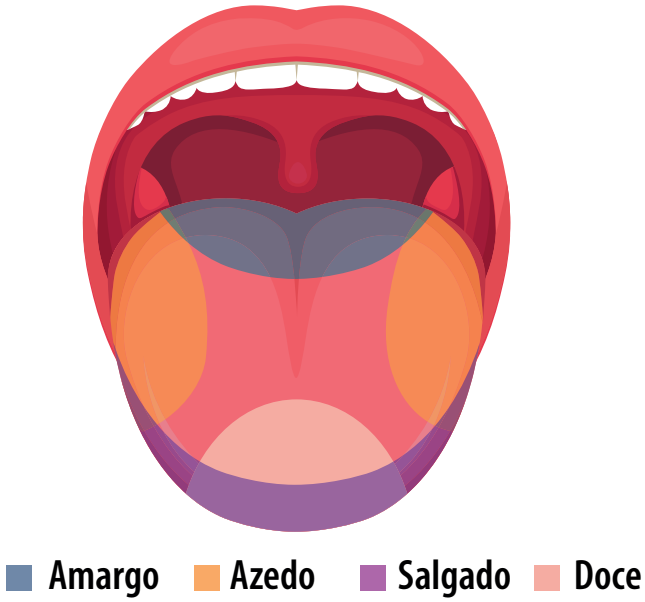


Figura 11 – Áreas de paladar básico na língua humana: azeda, doce, amarga e salgada
Fonte: Adaptado de Getty Images

Durante o exercício do trabalho, muitas vezes deixamos de ver os movimentos do nosso corpo, para executar outras tarefas simultaneamente. É o exemplo do motorista de ônibus, que manipula os pedais e volantes ao mesmo tempo em que presta atenção ao tráfego. Essas informações sobre os movimentos das partes do corpo, chamam-se **senso cinestésico**. As suas responsáveis são as células receptoras, situadas nos músculos, tendões e articulações, que transmitem os movimentos e as pressões ocorridas ao sistema nervoso central. O senso cinestésico desenvolve habilidades motoras, tais como um realimentador de informações para o cérebro – é comum uma pessoa decorar as posições dos dígitos no teclado, sendo capaz de escrever sem tirar os olhos da tela (IIDA; BUARQUE, 2016).

Além disso, somos capazes de perceber o que acontece com o nosso corpo sem ajuda da visão, se é acelerado ou desacelerado, caindo ou subindo. Muitas pessoas podem se desequilibrar ao fechar os olhos e isso é normal; tal fato ocorre porque dentro dos ouvidos internos existem órgãos chamados de **utrículo** e **sáculo**, que estão recheados de fluidos e ligados ao sistema nervoso central, sensíveis a mudanças de posição.

A pele possui quatro tipos de sensores: pressão – contato –, vibração, dor e calor. Não são distribuídos uniformemente pelo corpo e, por isso, existem partes mais sensíveis a estímulos. Os instrumentos sensíveis ao toque são chamados de **hápticos** e pelos quais percebemos as texturas, pressões e vibrações. Esses sensores podem colaborar em situações nas quais não se pode contar com a visão. Em razão disso, produtos, do tipo alarme, são desenvolvidos com o intuito de fornecer informações de alerta para pessoas portadoras de deficiência visual ou auditiva.

Tais produtos também podem ser benéficos nos casos em que haja condições desfavoráveis aos trabalhadores em situações nas quais a visão e audição estejam saturadas (IIDA; BUARQUE, 2016).

Existem duas classes de instrumentos sensíveis ao toque: os ativos, que são peças que apresentam relevo por meio do qual os usuários deslocam os dedos ou as mãos para identificar informações como, por exemplo, o código **Braile**. E também existem os instrumentos passivos, que vibram e são usados, por exemplo, em volantes de carros na iminência de uma colisão (IIDA; BUARQUE, 2016).

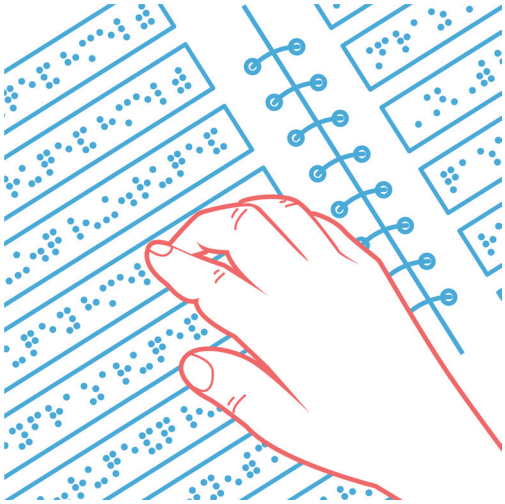


Figura 12 – Sistema Braile
Fonte: Getty Images

Os órgãos dos sentidos interagem entre si. Durante uma leitura, podemos ser atrapalhados por ruídos intensos, por exemplo. Outro caso se dá na possibilidade de sentir uma sensação de mais calor ao avistarmos a cor vermelha. As interações são aceitáveis enquanto operam dentro de uma faixa de conforto. Entretanto, tal situação pode mudar quando alguma variável ultrapassar o limite tolerável. Uma perturbação no ambiente pode saturar o canal de processamento. Assim, em uma sala de aula, os canais mais utilizados pelos alunos são a visão e audição. No entanto, um odor ou ruído pode prejudicar a concentração, reduzindo a capacidade de ver e ouvir (IIDA; BUARQUE, 2016).

Ainda sobre os sentidos, os efeitos de dois ou mais estímulos não se somam, isto é, a dor não dobra quando dois braços são apertados. Na realidade, um pode até disfarçar o outro. Quando se morde os lábios para receber uma injeção, a picada torna-se menos dolorosa. Ou mesmo em estímulos diferentes, por exemplo: sons altos podem servir de analgésico para aliviar dores (IIDA; BUARQUE, 2016).

Dessa forma, vimos que os sentidos do corpo podem colaborar com a ergonomia de modo que possamos reconhecer os padrões confortáveis para o trabalhador exercer as suas tarefas. Os sentidos podem ser úteis mesmo quando não for possível evitar algum tipo de desconforto, pois pode-se utilizar soluções compensatórias e, dessa forma, evitar a fadiga no operador. Os sentidos também podem ser explorados para criar novas formas de sinalizar alertas.

Função Neuromuscular

O trabalho muscular necessita da irrigação sanguínea no músculo. Os músculos recebem, pelo sistema circulatório, suprimentos de oxigênio, glicogênio e outras substâncias. As paredes finas das artérias permitem a troca de substâncias entre o sangue e os músculos. Em cada movimento do corpo humano há envolvimento de, pelo menos, dois músculos opostos (IIDA; BUARQUE, 2016; GAYTON; HALL, 2016).

A ergonomia estuda o trabalho dos músculos envolvidos na execução de trabalhos externos. Músculos de órgãos internos, tais como os músculos do coração, que trabalham involuntariamente, não fazem parte do escopo de estudo da ergonomia, pois não podem ser comandados pelo indivíduo. Dessa forma, a ergonomia estuda os músculos estriados que podem se contrair conforme o comando do cérebro, executando as tarefas desejadas (IIDA; BUARQUE, 2016).

Os músculos estriados representam 40% dos músculos do corpo, mas dessa parcela poucos estão envolvidos na realização da postura e dos movimentos globais. Esses músculos são maiores e estão ligados aos ossos pelos tendões, que juntos das articulações constituem o sistema osteomuscular (IIDA; BUARQUE, 2016; GANONG, 2010).

Quando um músculo se contrai, provoca o estrangulamento das paredes de seus vasos capilares e o sangue deixa de fluir, causando fadiga muscular. A circulação é restabelecida com o relaxamento do músculo. A circulação sanguínea necessita da contração e do relaxamento do músculo, como se fosse uma bomba hidráulica. Por isso, os músculos de pessoas que treinam possuem capilares mais desenvolvidos e maior capacidade de irrigação sanguínea. O que reflete em maior capacidade de trabalho muscular (IIDA; BUARQUE, 2016).

A fadiga muscular é a deficiência de oxigênio do músculo e é caracterizada pela redução de força. Durante a fadiga acontece o acúmulo de ácido lático e potássio. Além disso, há o calor, dióxido de carbono e a água, todos gerados pelo metabolismo. O processo é revertido com o descanso do músculo. Quanto mais forte a contração, maior será a fadiga. Para remover os produtos do metabolismo na parte interna dos músculos, deve-se proporcionar um momento de descanso (IIDA; BUARQUE, 2016).

Os movimentos corporais são realizados pelas contrações e relaxamentos dos músculos. A cada movimento, pelo menos dois músculos são envolvidos – um que contrairá e outro que distenderá. Por exemplo, ao fazer a flexão do cotovelo há contração do **bíceps** e distensão do **tríceps**. Para estender o cotovelo, há inversão, como distensão do bíceps e contração do tríceps. Os trabalhadores treinados conseguem fazer esses movimentos de forma mais coordenada, resultando em movimentos harmônicos. O corpo permite várias movimentações, inclusive movimentos rotacionais (GAYTON; HALL, 2008; IIDA; BUARQUE, 2016).

Figura 13 – Contração e relaxamento dos músculos
Fonte: Getty Images

A estrutura biomecânica do corpo humano pode ser considerada como um conjunto de alavancas, formando um sistema. O movimento combinado das alavancas permite ao corpo andar, dançar e sentar. As alavancas são formadas pelos nossos ossos maiores, conectados entre si pelas articulações (IIDA; BUARQUE, 2016).

O corpo trabalha com três tipos de alavancas: interfixa, interpotente e interresistente. Todas dependem das posições relativas de aplicação da força, resistência e apoio. A alavanca tipo interfixa situa-se entre força e resistência, sendo adequada para transmitir grande velocidade com pouca força – um exemplo é o **tríceps**.

Figura 14 –Tríceps, músculos destacados em vermelho – anatomia muscular
Fonte: Getty Images

A alavanca interpotente ocorre quando se aplica a força entre o ponto de apoio e a resistência. É a alavanca mais comum no corpo. Os músculos próximos à articulação facilitam movimentos rápidos e amplos, embora com muita força – por exemplo, o **bíceps**.

Figura 15 – Bíceps, músculos destacados em vermelho – anatomia muscular
Fonte: Getty Images

Já a alavanca inter-resistente tem a sua resistência entre o ponto de apoio e a força. É o caso dos músculos da parte posterior da perna, ligado ao calcanhar e permitindo suspender o corpo na ponta dos pés (IIDA; BUARQUE, 2016).

Figura 16 – Tendão de Aquiles destacado em vermelho – anatomia muscular
Fonte: Getty Images

Temos que compreender o funcionamento dos músculos para um projeto de ergonomia, pois as máquinas a serem manipuladas pelo trabalhador devem considerar os movimentos que fará, prevendo o mínimo de esforço possível. Para isso, devemos considerar a postura dos trabalhadores durante a execução da tarefa, além de prever equipamentos para auxiliar e facilitar a transmissão de cargas – por exemplo, o uso de roldanas ou mesmo de gruas elétricas.

Figura 17 – A grua elétrica
Fonte: Getty Images

Coluna Vertebral

A coluna vertebral é a estrutura óssea mais importante para a sustentação do corpo humano. Sendo uma peça muito delicada, a coluna vertebral está sujeita a alterações, principalmente estruturais. A coluna vertebral, vista de perfil, apresenta três curvaturas que são consideradas normais. As alterações na coluna são causadas por questões estruturais e/ou congênitas (IIDA; BUARQUE, 2016).

Figura 18 – Coluna dorsal
Fonte: Getty Images

A coluna é constituída por 33 vértebras empilhadas umas sobre as outras. A vértebra sustenta todo o peso do corpo que está acima desta, é por isso que as vértebras inferiores são maiores que as superiores (IIDA; BUARQUE, 2016).

As vértebras são classificadas nestes grupos – de cima para baixo:

- **Cervicais:** sete vértebras localizadas no pescoço;
- **Torácicas ou dorsais:** doze vértebras ligadas às costelas localizadas no tórax, formando a caixa torácica;
- **Lombares:** cinco vértebras localizadas na região do abdome;
- **Sacro-cóccix – junção de 2 grupos:** nove vértebras, sendo cinco fundidas que formam o sacro, mais quatro vértebras inferiores que constituem o cóccix, localizadas na região da bacia, podendo ser chamadas de **sacococcigeanas**.

As vértebras são conectadas entre si por ligamentos e o espaço entre essas é preenchido por uma massa gelatinosa, que são os discos cartilaginosos – veja a Figura a seguir. Esses elementos possibilitam os movimentos da coluna – a compressão e deformação dos discos pelos deslizamentos dos ligamentos. As compressões e descompressões alternadas dos discos funcionam como uma bomba hidráulica, pela qual se nutrem. A coluna tem duas propriedades: rigidez e mobilidade, sendo a rigidez responsável pela sustentação do corpo, permitindo a postura ereta e a mobilidade responsável pela rotação para os lados e pelo movimento para frente e para trás (IIDA; BUARQUE, 2016).

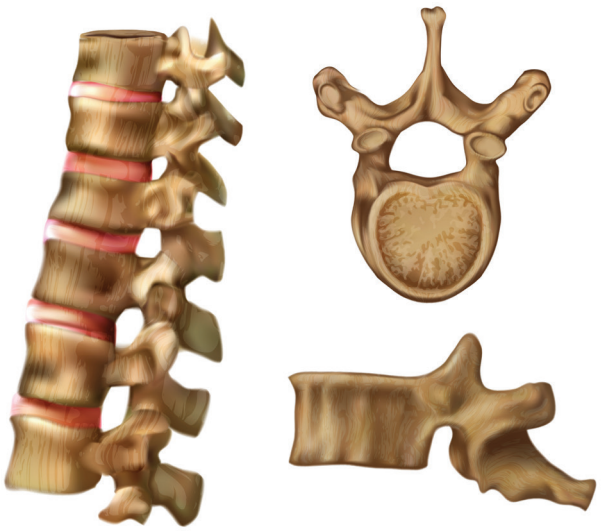


Figura 19 – Discos cartilaginosos destacados na cor rosa
Fonte: Getty Images

Dentro da coluna vertebral existe um canal longitudinal, onde passa a medula espinhal, que se liga ao encéfalo. A medula tem a função de passar as informações sensitivas para o cérebro pelas vias aferentes e trazer informações dos comandos de movimentos motores do cérebro para o corpo por vias eferentes. É por isso que uma fratura da coluna pode significar paralisia – as fraturas comumente ocorrem nas regiões cervical e lombar (IIDA; BUARQUE, 2016).

Os discos cartilaginosos não possuem vasos sanguíneos, e a sua nutrição é feita por um processo de difusão dos tecidos vizinhos. Os discos funcionam como uma esponja, perde água e nutrientes ao comprimir e absorve ao descomprimir. Assim, uma contração alongada pode interromper a nutrição e entrar em um processo de degeneração. Isso ocorre quando se carrega por muito tempo cargas estáticas, tal como um balde na cabeça (IIDA; BUARQUE, 2016).

A coluna vertebral possui três curvaturas naturais: a concavidade da lordose cervical, a região convexa da lordose cervical e a concavidade da região lombar. A região da bacia possui uma curvatura para frente, chamada de **cifose sacral**.

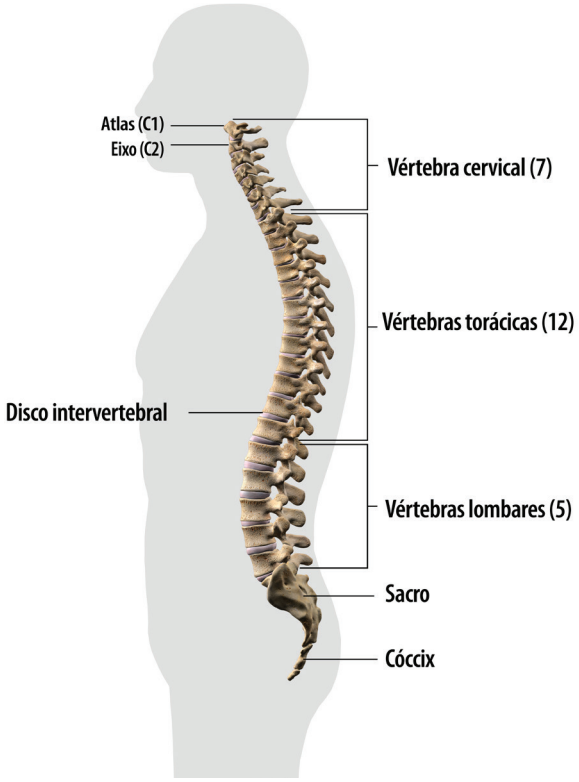


Figura 20 – Coluna vertebral humana, vista lateral de anatomia
Fonte: Adaptado de Getty Images

A coluna é bastante sensível e pode sofrer tanto alterações não estruturais, que ainda possibilitam a flexibilidade e são temporárias, quanto alterações estruturais, que envolvem as alterações definitivas de tecidos moles. As causas das alterações na coluna podem ser congênitas – desde o nascimento –, ou adquiridas durante a vida.

Ao longo da vida as nossas colunas podem ter alterações por causas funcionais, decorrentes de más posturas, esforços físicos exagerados, quedas e outras razões. Outras alterações também podem ocorrer por causas ocasionais, tais como doenças, infecções, debilidade da musculatura de sustentação – quando se fica muito tempo acamado. E ainda por causas permanentes, provocadas pelas degenerações por idade e por acidentes com lesões na coluna. Pessoas com essas alterações não são obrigatoriamente impedidas de trabalhar, mas devem evitar esforços físicos exagerados (IIDA; BUARQUE, 2016).

As principais alterações estruturais da coluna são as seguintes:

- **Hiperlordose:** aumento na concavidade posterior da curvatura na região lombar;
- **Hipercifose:** aumento da convexidade, ampliando a curva para frente, na região torácica;
- **Escoliose:** desvio lateral, visto de frente ou de costas, para esquerda ou para a direita.

Figura 21
Fonte: Getty Images

A dor na região lombar é chamada de **lombalgia** e é causada pela fadiga da musculatura das costas, que ocorre quando o indivíduo permanece muito tempo com a postura inclinada para frente (IIDA; BUARQUE, 2016). Pode ser aliviada ao manter a cabeça ereta, levantando-se e sentando-se constantemente, ou alguns movimentos suaves da região lombar, a fim de lubrificá-la.

Hoje em dia, o mercado disponibiliza mobiliários com sistema elevatório, permitindo ao usuário trabalhar de pé ou sentado, evitando, desse modo, a mesma postura por um longo período; além de outras alternativas, tais como aquelas que substituem o assento comum – tudo para exercitar a coluna e evitar dores nas pessoas que precisam ficar na frente da tela do computador por horas prolongadas.

Figura 22 – Ilustração comparando o primeiro homem sentado na mesa convencional e o segundo trabalhando em uma mesa com sistema elevatório
Fonte: Getty Images

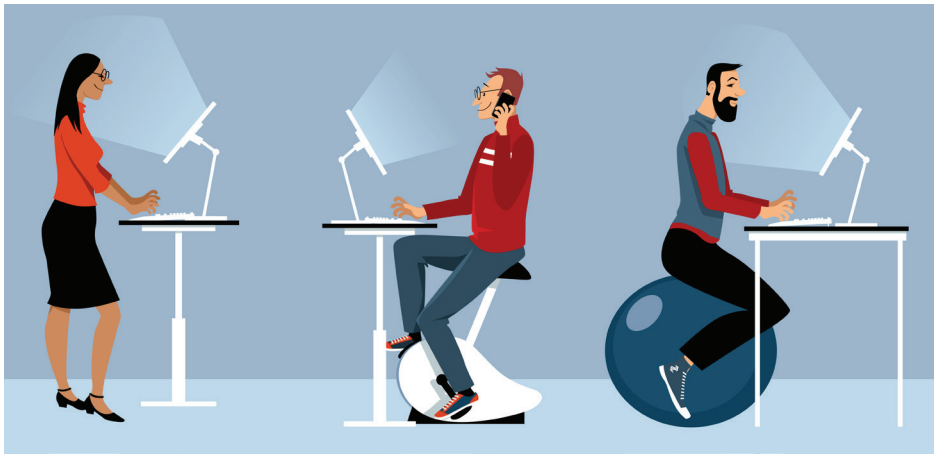


Figura 23 – Alternativas de mobiliário para escritórios que possibilitam o movimento do trabalhador enquanto está de frente para a tela
Fonte: Getty Images

Assim, vimos que para a ergonomia a proteção da coluna vertebral do trabalhador é um fator de extrema segurança. Com os conhecimentos sobre a coluna vertebral, podemos perceber que é essencial movimentar-se continuamente, a fim de lubrificar os discos da coluna, evitando dores indesejáveis. Ao longo do tempo, para evitar as deformações na coluna, deve-se ter cuidado com a postura durante a execução de tarefas, evitando curvar-se tanto para frente e para o lado – evitar que o corpo fique torcido. E mais: evitar cargas pesadas sem equipamentos que protegem a coluna ou que auxiliem no transporte dessas cargas.

Metabolismo

O metabolismo é o conjunto das reações químicas que ocorrem no organismo a fim de mantê-lo vivo. Mesmo se a pessoa estiver deitada, necessita de energia para manter o funcionamento de todos os órgãos. A energia do corpo humano vem dos alimentos que o mantém funcionando (IIDA; BUARQUE, 2016).

A alimentação humana é constituída principalmente de substâncias como proteínas, carboidratos e gorduras. Os alimentos consumidos convertem-se em glicogênio que é oxidado em uma reação exotérmica, que libera calor, gerando energia. O indivíduo gastará parte dessa energia adquirida pelos alimentos durante as reações do próprio corpo – trabalho externo – e parte dessa energia será utilizada internamente – em um processo chamado de **metabolismo basal.** E a energia consumida que excedeu fica acumulada, virando gordura (IIDA; BUARQUE, 2016).

O valor do metabolismo basal é de aproximadamente 1.800 kcal/dia – quilocaloria por dia – para homens e 1.600 kcal/dia para as mulheres – observe que esse valor seria somente para se manter parado. Para executar tarefas corriqueiras deve-se consumir, em média, 2.500 kcal/dia. E a necessidade de consumo aumentará conforme a intensidade do trabalho – operários em indústrias podem necessitar consumir de 2.800 a 4.000 kcal/dia (IIDA; BUARQUE, 2016).

A capacidade muscular para realizar um trabalho depende da energia química disponível para a sua contração. Desse modo, a energia química se transforma em energia mecânica, como se os alimentos fossem um combustível para o corpo. Os alimentos convertem-se em alta energia, que é representada pela sigla ATP – Trifosfato Adenosina. Ao ser contraída durante o movimento do corpo, essa substância é oxidada, restando alguns compostos. Esses compostos são representados pela sigla ADP – Difosfato de Adenosina –, que são de baixa energia, a qual ainda poderá ser utilizada pelo corpo ao adicionar glicose, glicogênio, ácidos graxos – que são gorduras – e proteínas (IIDA; BUARQUE, 2016).

Enquanto houver oxigênio nos músculos abastecidos pelo sangue, o ATP é gerado pelo metabolismo aeróbico, quer dizer, a reação química consome oxigênio – isso durante movimentos leves, com o organismo promovendo oxigênio normalmente. Porém, quando o corpo passa a executar trabalhos pesados e prolongados há desequilíbrio no que se pode prover de oxigênio no músculo; assim, o ATP passa a ser anaeróbico, gerando ácido lático, caracterizado pela dor muscular. O acúmulo de ácido lático gera a fadiga do corpo (IIDA; BUARQUE, 2016).

Entretanto, o consumo de oxigênio através da alta e baixa energia – ADP e ATP – faz com que os músculos do corpo e o músculo do coração aumentem a quantidade de fluxo dentro dos vasos sanguíneos e, consequentemente, os seus tamanhos, deixando os músculos com bastante oferta de oxigênio. Dessa forma, pode-se dizer que a frequência de trabalhos exercidos pelo indivíduo aumenta a sua capacidade muscular. É o que acontece com os atletas, que apresentam alta capacidade pulmonar, melhor irrigação sanguínea, além da remoção dos subprodutos do metabolismo, tal como o ácido lático.

A quantidade de gastos energéticos será diferente entre homens e mulheres. Os homens gastam mais energia que as mulheres para exercer a mesma tarefa, cerca de 20% a mais. Além dos principiantes, estes gastam mais energia que os trabalhadores experientes. Ao longo do tempo, aprenderão a movimentar-se sem tanto esforço, além de cometer menos erros (IIDA; BUARQUE, 2016).

Ao conhecer o funcionamento do metabolismo, percebemos que é fundamental a alimentação apropriada para a execução de tarefas. A ergonomia tem um estudo generalista. Portanto, é importante lembrar que a ergonomia incluiu temas como fatores humanos, cultura e o desenvolvimento do local do trabalhador. Um funcionário com alimentação abaixo do necessário não terá como produzir.

Figura 24 – Exemplo de refeição com alimentos variados em um refeitório
Fonte: Getty Images

Segundo estudos, ainda que cumprindo a mesma carga horária de oito horas diárias, a produtividade é menor em países com baixo Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). As empresas deveriam oferecer alimentação aos seus trabalhadores, ou condições para que se alimentassem, não somente de forma quantitativa que correspondesse aos índices calóricos necessários para as suas atividades, mas também de forma qualitativa, incluindo os nutrientes para o bom funcionamento do organismo – o que poderia ser alcançado por programas educacionais (IIDA; BUARQUE, 2016).

Material Complementar

Indicações para saber mais sobre os assuntos abordados nesta Unidade:

Sites

As dores das LER

http://bit.ly/38hcviu

Vídeos

Consumo e gasto calórico devem ter equilíbrio – corpo e movimento

http://bit.ly/2Sw7xbi

Anatomia, biomecânica e mecanismos de lesão da coluna

http://bit.ly/2vmRapi

Como os olhos enxergam as cores?

http://bit.ly/39k9bU7

Referências

GANONG, W. F. **Fisiologia médica.** 22. ed. Rio de Janeiro: McGraw Hill Interamericana do Brasil, 2010.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Fisiologia humana e mecanismos das doenças.** 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

IIDA, I.; BUARQUE, L. **Ergonomia:** projeto e produção. 3. ed. São Paulo: Blücher, 2016.

Cruzeiro do Sul
Educacional